

УДК 624.15.001

Крысан В.В., инж., Шокарев Е.А., инж., Шаповал А.В., к.т.н., ПГАСА, Легенченко В.А., асп., Государственный ВУЗ "НГУ", г. Днепрпетровск, Украина

## МЕТОДИКА УЧЕТА ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ФУНДАМЕНТОВ НА ГРУНТОВОМ СЛОЕ КОНЕЧНОЙ ТОЛЩИНЫ

**Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными практическими задачами.** При реконструкции (например, при увеличении зданий и сооружений) и новом строительстве в условиях тесной городской застройки имеет место проблема учета фундаментов друг на друга. В настоящей работе изложена методика учета взаимного влияния фундаментов, расположенных на грунтовом слое конечной толщины [1, 2].

**Анализ последних исследований и публикаций, в которых положено начало решению данной проблемы.** Определению напряженно-деформированного состояния грунтового слоя конечной толщины посвящены работы авторов [2,...,6], анализ которых позволил нам сделать вывод о том, что толщина грунтового слоя оказывает существенное влияние на его напряженно – деформированное состояние и напряженно – деформированное состояние расположенных на нем зданий и сооружений. При этом вопрос количественной оценки влияния его толщины и деформационных свойств слагающего основание грунта на осадки расположенных вблизи друг от друга фундаментов остается открытым.

Кроме того, в действующих в настоящее время на территории Украины нормативных документах нет никаких указаний по учету влияния друг на друга фундаментов, расположенных на грунтовом слое конечной толщины.

При этом также не существует никаких указаний по учету влияния протекающих в грунтовом основании реологических процессов на осадки расположенных вблизи друг от друга фундаментов.

**Цель работы** – изложение рекомендуемых нами методик, предназначенных для учета расположенных на грунтовом слое конечной толщины фундаментов друг на друга.

**Изложение основного материала исследования.** В ходе прогноза взаимного влияния фундаментов на осадки друг друга следует различать схемы отдельного и совместного расчета.

1. В качестве расчетной схемы основания следует использовать слой конечной толщины, который характеризуется толщиной  $H$

2. Деформационными характеристиками основания являются модуль общей деформации  $E$ , модуль упругости  $E^y$  и коэффициент Пуассона  $\nu$ .

3. Реологическими характеристиками основания являются его коэффициент консолидации  $C_k$  и ядро ползучести  $K(t, \tau)$

4. Если основание имеет слоистую текстуру (т.е. его свойства неоднородны по глубине), то необходимо:

4.1. вместо фактических значений модулей общей деформации  $E_i$ , модулей упругости

$E_i^y$  и коэффициентов Пуассона  $\nu_i$  следует принимать их средневзвешенные значения, рассчитанные по формулам

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot E_i}{H}, E^y = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot E_i^y}{H} \text{ и } \nu = \frac{\sum_{i=1}^n \nu_i \cdot h_i}{H} \quad (1)$$

Здесь  $n$  - число грунтовых слоев в пределах грунтового слоя конечной толщины  $H = \sum_{i=1}^n h_i$ ;  $h_i$  - толщина  $i$ -того элементарного слоя;  $E_i$ ,  $E_i^y$  и  $\nu_i$  - соответственно модуль общей деформации, модуль упругости и коэффициент Пуассона  $i$  - того элементарного слоя

4.2. вместо фактических значений коэффициентов консолидации отдельных грунтовых слоев  $C_{k,i}$  следует принимать их средневзвешенное значение  $C_k$ , рассчитанное по формуле

$$C_k = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{C_{k,i}}} \quad (2)$$

4.3. Вместо фактических значений ядер ползучести отдельных грунтовых слоев  $K_i(t, \tau)$  следует принимать их средневзвешенное значение  $K(t, \tau)$ , рассчитанное по формуле

$$K(t, \tau) = \frac{\sum_{i=1}^n h_i \cdot K_i(t, \tau)}{H} \quad (3)$$

5. Фундаменты характеризуется размерами в плане – шириной подошвы  $b$  и длиной подошвы  $L$

6. Влияние фундаментов друг на друга следует рассчитывать с использованием схемы на рисунке 14

6.1. Стабилизированные (конечные) осадки для центров фундаментов следует рассчитывать по формуле

$$S = \frac{q \cdot b \cdot K_c}{K_m} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{K_i - K_{i-1}}{E_i}, \quad (4)$$

а осадки края фундаментов – по формуле:

$$S^* = \frac{q \cdot b \cdot K_c}{K_m} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{K_i^* - K_{i-1}^*}{E_i}. \quad (7)$$

Здесь  $S$  - осадка центра фундамента;  $S^*$  - то же, его края;  $q$  - среднее давление под подошвой фундамента;  $b$  ширина его подошвы;  $K_c$  и  $K_m$  - табличные коэффициенты, зависящие от толщины грунтового слоя, ширины фундамента и модуля общей деформации грунта [1];  $n$  - число элементарных слоев грунта, на которые разбито основание;  $E_i$  - модуль общей деформации основания (если рассчитываются конечные осадки фундамента) или модуль упру-

гости основания (если расчет осадок фундамента выполняется во времени);  $K_i$  - табличный коэффициент, предназначенный для расчета осадок центров фундаментов;  $K_i^*$  - табличный коэффициент, предназначенный для расчета осадок угловых точек.

7. В рамках модели упругого водонасыщенного основания влияние фундаментов друг на друга следует рассчитывать с использованием схемы на рисунке 1 в такой последовательности:

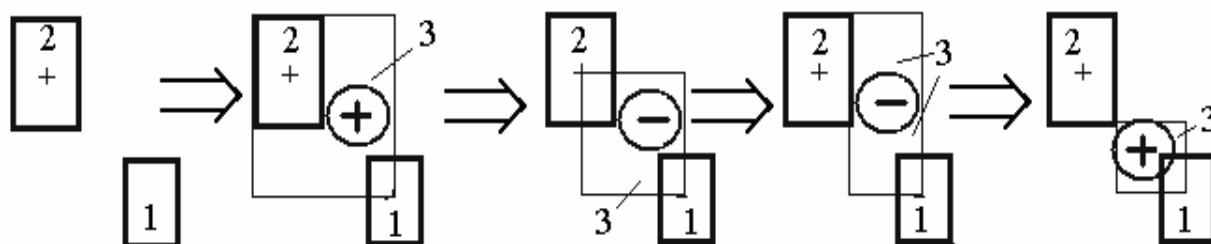


Рисунок 1 – К учету влияния соседних фундаментов друг на друга методом угловых точек.

1 – рассчитываемый фундамент; 2 – то же, влияющий; 3 – то же, фиктивный

7.1. Вначале следует определить упругие осадки центра фундамента  $S^y(t)$  и его края  $S^{*y}(t)$  как функции времени. При этом в качестве деформационных характеристик следует использовать коэффициент Пуассона  $\nu$  и модуль упругости основания  $E^y$

$$\left. \begin{aligned} S^\Phi(t) &= S^y(t) \cdot \sum_{i=1}^3 b_i - \int_0^t S^y(\tau) \cdot \sum_{i=2}^3 b_i \cdot N_i \cdot \exp[-N_i \cdot (t - \tau)] \cdot d\tau; \quad (8.1) \\ S^{*\Phi}(t) &= S^{*y}(t) \cdot \sum_{i=1}^3 b_i^* - \int_0^t S^{*y}(\tau) \cdot \sum_{i=2}^3 b_i^* \cdot N_i \cdot \exp[-N_i \cdot (t - \tau)] \cdot d\tau; \quad (8.2) \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Здесь  $b_i$  и  $b_i^*$  - коэффициенты аппроксимации зависимостей обусловленных фильтрационной консолидацией осадок фундаментов от времени [8].

7.2. Далее с использованием формул (8) следует рассчитать обусловленные фильтрационной консолидацией осадки центров фундаментов  $S^\Phi(t)$  (формула (8.1)) и их угловых точек  $S^{*\Phi}(t)$  (формула (8.2)).

$$\left. \begin{aligned} S(t) &= S^\Phi(t) + \int_0^t K(t, \tau) \cdot S^\Phi(\tau) \cdot d\tau \\ S^*(t) &= S^{*\Phi}(t) + \int_0^t K(t, \tau) \cdot S^{*\Phi}(\tau) \cdot d\tau; \quad N_i = k \cdot \frac{i-1}{b^2} \cdot c_k \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

8. В рамках модели обладающего свойством ползучести неводонасыщенного основания влияние фундаментов друг на друга следует рассчитывать с использованием схемы на рисунке 1 в такой последовательности:

8.1. Вначале следует определить упругие осадки основания как функции времени. При этом в качестве деформационных характеристик следует использовать коэффициент Пуассона  $\nu$  и модуль упругости основания  $E^y$

8.2. Далее с использованием формул

$$S(t) = S^y(t) + \int_0^t K(t, \tau) \cdot S^y(\tau) \cdot d\tau \quad (9.1)$$

$$S^*(t) = S^{*y}(t) + \int_0^t K(t, \tau) \cdot S^{*y}(\tau) \cdot d\tau \quad (9.2)$$

следует рассчитать ползучестью грунта центров фундаментов (формула (9.1)) и их угловых точек (формула (9.2)).

9. В рамках модели упругого водонасыщенного обладающего свойством ползучести основания влияние фундаментов друг на друга следует рассчитывать с использованием схемы на рисунке 1 в такой последовательности:

9.1. Вначале с использованием п. 7 настоящей методики следует определить обусловленные фильтрационной консолидацией осадки основания как функции времени.

9.2. Далее с использованием формул (8) следует рассчитать обусловленные совместным влиянием фильтрационной консолидации и ползучести грунтового скелета осадки центров фундаментов (формула (8.3)) и их угловых точек (формула (8.4)).

## II. Схема совместного расчета

1. В качестве расчетной схемы основания следует использовать слой конечной толщины, который характеризуется толщиной  $H$

2. Упругими характеристиками основания являются модуль общей деформации  $E$  и коэффициент Пуассона  $\nu$ .

3. Реологическими характеристиками основания являются его коэффициент консолидации  $C_k$  и ядро ползучести  $K(t, \tau)$

4. Если основание имеет слоистую текстуру (т.е. его свойства неоднородны по глубине), то их приведенные фильтрационные и реологические свойства следует определять по формулам (2) и (3).

5. Основание следует представить в виде конечно – элементной модели из объемных элементов.

6. При определении конечных осадок основания следует использовать модуль общей деформации грунта и коэффициент Пуассона. При этом вначале следует собрать схему уже существующего здания и определить осадки его фундаментов. После этого следует собрать схему пристраиваемого здания и определить приращения осадок уже существующего

7. При определении совместного влияния фундаментов зданий на осадки друг на друга во времени, вначале следует определить изменение во времени упругих осадок, а затем использовать формулы (8)

В целом были сделаны такие выводы.

1. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на упругом неводонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы раздельного расчета

2. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на упругом водонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы раздельного расчета

3. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на обладающем свойством ползучести неводонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы раздельного расчета
4. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на обладающем свойством ползучести водонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы раздельного расчета
5. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на упругом неводонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы раздельного расчета
6. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на упругом водонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы совместного расчета
7. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на обладающем свойством ползучести неводонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы совместного расчета
8. Разработана методика учета взаимного влияния друг на друга фундаментов, расположенных на обладающем свойством ползучести водонасыщенном грунтовом слое конечной толщины в рамках схемы совместного расчета

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 2.02.01-83\*. Основания зданий и сооружений.
2. Горбунов-Посадов М.И. Осадки фундаментов на слое грунта, подстилаемом скальным основанием. - М.: Госстройиздат, 1946. - 60 с.
3. Бабич П.В. Особливості розвитку крена прямокутних фундаментів на водонасиченій основі для шару кінцевої товщини. Автореферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Дніпропетровськ. ПГАСиА 2006. 21 с.
4. Титякова К. С. Напружено-деформований стан системи «грунтовий шар кінцевої товщини – фундамент – надфундаментна будівля». Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Дніпропетровськ 2010 – 24 с.
5. Кушнер С.Г. Расчет деформаций оснований зданий и сооружений. – Запорожье, 2008 – 496 с.
6. Егоров К. Е. К расчету деформаций оснований (сборник статей). – М.: ФГУП «ВНИИ-НТПИ», 2002 – 400 с.
7. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Київ. Мінрегіонбуд України, 2009-104 с.
8. Шаповал А.В., Шаповал В.Г. Теория взаимосвязанной фильтрационной консолидации: Монография.-Днепропетровск: Пороги, 2009-311 с.